

IN THE UNITED STATES PATENT AND TRADEMARK OFFICE

In re the Application of:

CHONG KI KWONG, ET AL.

Application No.:

Filed:

For: **VARIABLE GAIN AMPLIFIER**

Art Group:

Examiner:

Commissioner for Patents  
P.O. Box 1450  
Alexandria, VA 22313-1450

**REQUEST FOR PRIORITY**

Sir:

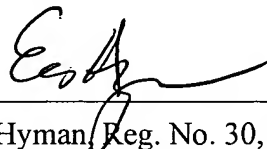
Applicant respectfully requests a convention priority for the above-captioned application, namely:

COUNTRY	APPLICATION NUMBER	DATE OF FILING
Republic of Korea	2002-79286	12 December 2002

☒ A certified copy of the document is being submitted herewith.

Respectfully submitted,

Blakely, Sokoloff, Taylor & Zafman LLP



Eric S. Hyman, Reg. No. 30,139

Dated: December 9, 2003

12400 Wilshire Boulevard, 7th Floor  
Los Angeles, CA 90025  
Telephone: (310) 207-3800



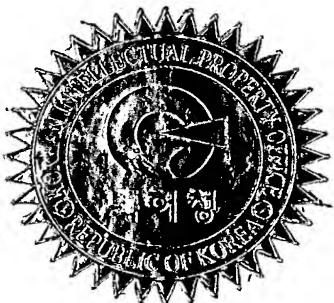
별첨 사본은 아래 출원의 원본과 동일함을 증명함.

This is to certify that the following application annexed hereto is a true copy from the records of the Korean Intellectual Property Office.

출원 번호 : 10-2002-0079286  
Application Number

출원 년 월 일 : 2002년 12월 12일  
Date of Application DEC 12, 2002

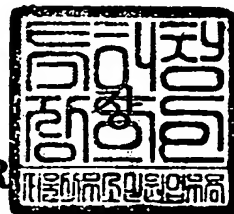
출원인 : 한국전자통신연구원  
Applicant(s) Electronics and Telecommunications Research Institute



2003 년 06 월 02 일

특 허 청

COMMISSIONER



## 【서지사항】

【서류명】	특허출원서
【권리구분】	특허
【수신처】	특허청장
【참조번호】	0002
【제출일자】	2002. 12. 12
【발명의 명칭】	가변 이득 증폭기
【발명의 영문명칭】	Variable gain amplifier
【출원인】	
【명칭】	한국전자통신연구원
【출원인코드】	3-1998-007763-8
【대리인】	
【성명】	신영무
【대리인코드】	9-1998-000265-6
【포괄위임등록번호】	2001-032061-5
【발명자】	
【성명의 국문표기】	권중기
【성명의 영문표기】	KWON, Chong Ki
【주민등록번호】	570715-1691814
【우편번호】	302-761
【주소】	대전광역시 서구 내동 롯데아파트 101-706
【국적】	KR
【발명자】	
【성명의 국문표기】	조규형
【성명의 영문표기】	CHO, Gyu Hyung
【주민등록번호】	530419-1010414
【우편번호】	302-772
【주소】	대전광역시 서구 둔산동 크로바아파트 117-201
【국적】	KR
【발명자】	
【성명의 국문표기】	박문양
【성명의 영문표기】	PARK, Mun Yang
【주민등록번호】	580918-1674616

【우편번호】	305-503
【주소】	대전광역시 유성구 송강동 200-4 한마을아파트 109동 105호
【국적】	KR
【발명자】	
【성명의 국문표기】	김종대
【성명의 영문표기】	KIM, Jong Dae
【주민등록번호】	540809-1110127
【우편번호】	302-724
【주소】	대전광역시 서구 관저동 대자연마을아파트 108-2105
【국적】	KR
【심사청구】	청구
【취지】	특허법 제42조의 규정에 의한 출원, 특허법 제60조의 규정에 의한 출원심사를 청구합니다. 대리인 신영무 (인)
【수수료】	
【기본출원료】	20 면 29,000 원
【가산출원료】	4 면 4,000 원
【우선권주장료】	0 건 0 원
【심사청구료】	13 항 525,000 원
【합계】	558,000 원
【감면사유】	정부출연연구기관
【감면후 수수료】	279,000 원
【기술이전】	
【기술양도】	희망
【실시권 허여】	희망
【기술지도】	희망
【첨부서류】	1. 요약서·명세서(도면)_1통

**【요약서】****【요약】**

본 발명은 가변 이득 증폭기에 관한 것으로, 저전압에서 동작하고, 저왜곡(low distortion), 고선형성(high linearity), 광대역 동작특성을 얻기 위하여, 캐스코드 형태의 차동 입력단(differential pair)으로 제1 및 제2 입력신호를 입력받고, 상기 제1 및 제2 입력신호의 차신호를 증폭하여 제1 및 제2 차동신호를 출력하되, 이득조절전압 신호에 따라 상기 차신호의 가변 전압 이득을 제어하는 입력신호 인가 및 가변 이득 조절부와, 상기 입력신호 인가 및 가변 이득 조절부로부터 출력되는 상기 제1 및 제2 차동신호를 입력받고, 제1 및 제2 바이어스 전압에 따라 상기 제1 및 제2 차동신호를 전압 형태의 제1 및 제2 출력전압으로 변환하여 출력하는 전류/전압 변환부를 포함하되, 상기 입력신호 인가 및 가변 이득 조절부는 상기 전류/전압 변환부로부터 부궤환(negative feedback) 접속과 함께 전류 또는 전압입력 형태의 구성을 갖는 것을 특징으로 하는 가변 이득 증폭기를 개시한다.

**【대표도】**

도 1

**【색인어】**

가변 이득 증폭기, CMOS, 캐스코드, 차동 형태



**【명세서】**

**【발명의 명칭】**

가변 이득 증폭기{Variable gain amplifier}

**【도면의 간단한 설명】**

도 1은 본 발명의 제1 실시예에 따른 가변 이득 증폭기를 설명하기 위하여 도시한 상세 회로도이다.

도 2는 본 발명의 제2 실시예에 따른 가변 이득 증폭기를 설명하기 위하여 도시한 상세 회로도이다.

도 3은 본 발명의 제3 실시예에 따른 가변 이득 증폭기를 설명하기 위하여 도시한 상세 회로도이다.

<도면의 주요 부분에 대한 부호의 설명>

110 : 입력신호 인가 및 가변 이득 조절부

130 : 전류/전압 변환부

**【발명의 상세한 설명】**

**【발명의 목적】**

**【발명이 속하는 기술분야 및 그 분야의 종래기술】**

<7> 본 발명은 가변 이득 증폭기(Variable gain amplifier)에 관한 것으로, 특히 저소비전력 특성을 가지며, 저공급전원에서 동작할 수 있는 가변 이득 CMOS 증폭기에 관한 것이다.



<8> 가변 이득 CMOS 증폭기(이하, 'CMOS VGA'라 함) 설계시 고려해야할 사항으로는 원하는 신호크기에 대한 신호대잡음비(Signal to Noise ratio; S/N비)의 극대화, 주파수 대역폭(frequency bandwidth)의 크기, 저왜곡성(low distortion), 저입력잡음(low input noise)특성, 목표치 선형성(linearity)을 보장하는 입력신호의 크기, 잡음특성, 조절전압신호(control volage) 및 이득조절특성(exponential gain characteristic) 등이 있다.

<9> 이에 더해서, CMOS VGA 설계시 고려해야할 사항으로는 CMOS 특성에 의한 온도나 전원전압의 의존성이다. 특히 CMOS 회로는 동작 주파수의 범위가 현재의 소자 기술 특성상 100MHz 이상을 구현하기가 어렵다. 또한, MOS 소자의 문턱전압(threshold)의 크기 감소의 제한성 때문에 입출력신호의 크기가 제한되어 저공급전원에 대한 원활한 회로동작을 구현하기가 어렵다. 따라서, 저소비전력의 특성을 가지며, 저전압에서 동작하는 CMOS VGA를 구현하기가 어렵다는 문제점이 있다.

【발명이 이루고자 하는 기술적 과제】

<10> 따라서, 본 발명은 상기에서 설명한 종래기술의 문제점을 해결하기 위해 안출된 것으로, 저공급전압에서 외부 조절전압(control voltage) 신호에 의해 넓은 범위를 가지는 입력신호에 대한 가변 이득 증폭 기능을 제공하며 저왜곡(low distoration), 고선형성(high linearity), 광대역 동작특성을 가질 수 있는 가변 이득 증폭기를 제공하는데 그 목적이 있다.

<11> 또한, 본 발명은 IC(integrated circuit)로 내장할 수 있는 가변 이득 증폭기를 제공하는데 다른 목적이 있다.



<12> 또한, 본 발명은 전력소모가 적은 IC 내장형 CMOS VGA를 제공하는데 또 다른 목적이 있다.

【발명의 구성 및 작용】

<13> 본 발명의 일측면에 따르면, 캐스코드 형태의 차동 입력단으로 제1 및 제2 입력신호를 입력받고, 상기 제1 및 제2 입력신호의 차신호를 증폭하여 제1 및 제2 차동신호를 출력하되, 이득조절전압 신호에 따라 상기 차신호의 가변 전압 이득을 제어하는 입력신호 인가 및 가변 이득 조절부와, 상기 입력신호 인가 및 가변 이득 조절부로부터 출력되는 상기 제1 및 제2 차동신호를 입력받고, 제1 및 제2 바이어스 전압에 따라 상기 제1 및 제2 차동신호를 전압형태의 제1 및 제2 출력전압으로 변환하여 출력하는 전류/전압 변환부를 포함하되, 상기 입력신호 인가 및 가변 이득 조절부는 상기 전류/전압 변환부로부터 부궤환(negative feedback)되어 전류입력 또는 전압입력 형태의 구성을 갖는 것을 특징으로 하는 가변 이득 증폭기를 제공한다.

<14> 이하, 첨부된 도면을 참조하여 본 발명의 바람직한 실시예를 설명하기로 한다. 그러나, 본 발명은 이하에서 개시되는 실시예에 한정되는 것이 아니라 서로 다른 다양한 형태로 구현될 수 있으며, 단지 본 실시예는 본 발명의 개시가 완전하도록하며 통상의 지식을 가진자에게 발명의 범주를 완전하게 알려주기 위해 제공되는 것이다.

<15> 도 1은 본 발명의 제1 실시예에 따른 CMOS VGA의 상세 회로도이다. 도 2는 본 발명의 제2 실시예에 따른 CMOS VGA의 상세 회로도이다. 도 3은 본 발명의 제3 실시예에 따른 CMOS VGA의 상세 회로도이다. 여기서, 도 1 내지 도 3에 도시된 참조부호들 중 동일한 참조부호는 동일한 기능을 하는 구성 요소(elements)를 가리킨다.



<16> 도 1 내지 도 3을 참조하면, 본 발명의 제1 실시예에 따른 CMOS VGA는 입력신호 인가 및 가변 이득 조절부(input signal provision and variable gain controller; 110)와 전류/전압 변환부(I/V converter; 120)를 포함한다.

<17> [입력신호 인가 및 가변 이득 조절부]

<18> 입력신호 인가 및 가변 이득 조절부(110)는 도 1 및 도 2에 도시된 바와 같이 전류입력 형태(current inputted type)로 구성되며, 캐스코드(cascode) 형태의 차동 입력단을 통해 입력신호( $V_{i+}$ ,  $V_{i-}$ )를 차동 입력받아 증폭하여 출력하되, 이득조절전압(gain control voltage;  $V_c$ ) 신호에 따라 가변되는 트랜스컨덕턴스(transconductance)를 이용하여 입력신호( $V_{i+}$ ,  $V_{i-}$ )의 가변 이득을 조절한다. 이에 반해, 도 3에 도시된 바와 같이 본 발명의 제3 실시예에 따른 가변 이득 조절부(110)의 경우에는 제1 및 제2 실시예와 달리 전압 입력 형태(voltage inputted type)로 구성된다.

<19> 구체적으로, 입력신호 인가 및 가변 이득 조절부(110)는 NMOS 트랜지스터(NM1 내지 NM4)로 이루어진다. NMOS 트랜지스터(NM1 내지 NM4)는 밀러효과(miller effect)와 기생 캐패시턴스(parasitic capacitance) 성분을 최소화하기 위해 캐스코드 형태의 차동 형태(differential pair)의 입력단을 구성한다. 도 1 및 도 2에 도시된 바와 같이, NMOS 트랜지스터(NM1)는 노드(Q1)와 NMOS 트랜지스터(NM3)의 소스(source)단과 캐스코드 형태로 접속되며 입력신호( $V_{i+}$ )에 따라 전류입력 형태로 동작된다. NMOS 트랜지스터(NM2)는 노드(Q2)와 NMOS 트랜지스터(NM4)의 소스단과 캐스코드 형태로 접속되며 입력신호( $V_{i-}$ )에 따라 전류입력 형태로 동작된다. 한편, 도 3에 도시된 바와 같이, NMOS 트랜지스터(NM1)는 노드(Q7)와 NMOS 트랜지스터(NM3)의 소스(source)단과 캐스코드 형태로 접속되며 입력신호( $V_{i+}$ )에 따라 동작된다. NMOS 트랜지스터(NM2)는 노드(Q7)와 NMOS 트랜지스터

(NM4)의 소스단과 캐스코드 형태로 접속되며 입력신호( $V_{i-}$ )에 따라 동작된다. 즉, 도 3에서는 NMOS 트랜지스터(NM1 및 NM2)의 소스단이 공동으로 노드(Q7)과 접속되어 전압입력 형태가 된다. 또한, NMOS 트랜지스터(NM3)는 출력노드인 노드(Q3)와 NMOS 트랜지스터(NM1)의 드레인(drain)단과 접속되며 이득조절전압 신호( $V_c$ )에 따라 공동 게이트(common gate) 증폭기로 동작된다. NMOS 트랜지스터(NM4)는 출력노드인 노드(Q4)와 NMOS 트랜지스터(NM2)의 드레인단과 접속되며 이득조절전압 신호( $V_c$ )에 따라 공동 게이트 증폭기로 동작된다.

<20> 입력신호 인가 및 가변 이득 조절부(110)의 동작특성을 설명하면, NMOS 트랜지스터(NM1)와 NMOS 트랜지스터(NM3)는 이득조절전압 신호( $V_c$ )에 따라 선형영역(triode region) 또는 포화영역(saturation region)에서 동작된다. 이로써, 입력신호( $V_{i+}$ ,  $V_{i-}$ )의 크기에 무관하게 왜곡 현상을 극소화할 수 있다. 따라서, NMOS 트랜지스터(NM1 및 NM2)에 입력신호( $V_{i+}$ ,  $V_{i-}$ )가 입력되고, NMOS 트랜지스터(NM3 및 NM4)의 게이트(gate)단으로 이득조절전압 신호( $V_c$ )가 입력되면, 캐스코드 형태의 구성을 가지는 NMOS 트랜지스터(NM1 및 NM3) 또는 NMOS 트랜지스터(NM2 및 NM4)의 각 동작점은 이득조절전압 신호( $V_c$ )에 따라 포화영역에서 선형영역으로 또는 그 역으로 선형영역에서 포화영역으로 이동하게 되어 입력신호( $V_{i+}$ ,  $V_{i-}$ )의 크기에 따른 왜곡현상을 줄여준다. 또한, 이 캐스코드 형태의 구성은 출력단자( $V_{o+}$  및  $V_{o-}$ )에서 큰 출력 임피던스(impedance)를 갖게 되고, 이로 인해 전압 이득을 크게 한다.

<21> 예컨대, 큰 입력신호( $V_{i+}$ ,  $V_{i-}$ )가 입력되어 가변 이득을 감소시킬 필요가 있을 경우에는 이득조절전압 신호( $V_c$ )를 작게 하여 NMOS 트랜지스터(NM3 및 NM4)의 각 트랜스컨덕턴스의 크기를 감소시켜 가변 이득을 감소시킨다. 이 경우에는 이득조절전압 신호( $V_c$ )가 게



이트단에 입력되는 NMOS 트랜지스터(NM3 및 NM4)와, 입력신호( $V_{i+}$ ,  $V_{i-}$ )가 게이트단에 입력되는 NMOS 트랜지스터(NM1 및 NM2)가 모두 포화영역에서 동작됨에 따라 큰 입력신호( $V_{i+}$ ,  $V_{i-}$ )의 왜곡을 최소화하여 선형을 개선시킬 수 있다.

<22> 반면, 작은 입력신호( $V_{i+}$ ,  $V_{i-}$ )가 입력되어 가변 이득을 증가시킬 필요가 있을 경우에는 이득조절전압 신호( $V_c$ )를 크게 하여 NMOS 트랜지스터(NM3 및 NM4)의 각 트랜스컨덕턴스의 크기를 증가시켜 가변 이득을 증가시킨다. 이 경우에는 이득조절전압 신호( $V_c$ )가 게이트단에 입력되는 NMOS 트랜지스터(NM3 및 NM4)는 포화영역에서 동작하고, 입력신호( $V_{i+}$ ,  $V_{i-}$ )가 게이트단에 입력되는 NMOS 트랜지스터(NM1 및 NM2)는 선형영역에서 동작됨에 따라 입력신호( $V_{i+}$ ,  $V_{i-}$ )의 크기와 무관하여 입력신호( $V_{i+}$ ,  $V_{i-}$ )의 왜곡을 최소화할 수 있다.

<23> 상기에서와 같이 선형영역과 포화영역에서의 드레인 전류와 트랜스컨덕턴스는 하기의 수학적식 1 내지 수학적식 4와 같다

<24> 즉, 선형동작영역에서는,

<25> **【수학적식 1】** 
$$i_d = \frac{\mu_o \cdot C_{ox} \cdot W}{L} \left[ (V_{gs} - V_{TH}) - \frac{V_{ds}}{2} \right] \cdot V_{ds}$$

<26> **【수학적식 2】** 
$$g_m = \frac{dI_d}{dV_{gs}} = \frac{\mu_o \cdot C_{ox} \cdot W}{L} \cdot V_{ds}$$

<27> 여기서, ' $0 < V_{ds} < (V_{gs} - V_{TH})$ ' 이고, ' $V_{TH}$ '는 트랜지스터의 문턱전압(threshold voltage)이다.

<28> 또한, 포화동작영역에서는,

<29> **【수학적식 3】** 
$$i_d = \frac{\mu_o \cdot C_{ox} \cdot W}{L} (V_{gs} - V_{TH})^2$$

<30>

$$\text{【수학식 4】} \quad g_m = \frac{dI_d}{dV_g} \cong \sqrt{\frac{2(\mu_o \cdot C_{ox} \cdot W)}{L}} \cdot I_d$$

<31> 여기서 ' $V_{ds} > (V_{gs} - V_{TH})$ '이다.

<32> [전류/전압 변환부]

<33> 도 1 및 도 2에서 전류/전압 변환부(120)는 입력신호 인가 및 가변 이득 조절부(110)로부터 출력되는 전류 형태의 차동신호를 입력받고, 저항 부하 또는 능동 부하를 이용하여 전류 형태의 상기 차동신호를 전압 형태의 출력전압( $V_{o+}$ ,  $V_{o-}$ )으로 출력한다.

<34> 구체적으로, 전류/전압 변환부(120)는 도 1에 도시된 바와 같이 입력신호 인가 및 가변 이득 조절부(110)로부터 입력되는 전류 형태의 차동신호를 전압 형태의 출력전압( $V_{o+}$ ,  $V_{o-}$ )으로 변환하여 출력하기 위하여 저항소자( $R1$  및  $R2$ )를 포함한다. 그러나, 도 2 및 도 3에 도시된 바와 같이 제2 및 제3 실시예에 따른 전류/전압 변환부(120)에서는 제1 실시예의 저항소자( $R1$  및  $R2$ ) 대신에 능동부하(active load) 회로부(122 및 124)를 포함한다.

<35> 본 발명의 제2 및 제3 실시예에 따른 전류/전압 변환부(120)에서 저항소자 대신에 능동 부하 회로부(122 및 124)를 포함하는 이유는 CMOS VGA의 주파수 특성을 개선시키기 위함이다. 즉, 도 2 및 도 3에 도시된 바와 같이 PMOS 트랜지스터( $PM1$  및  $PM2$ )는 그 트랜스 컨덕턴스 값의 역수( $\frac{1}{g_{m,PMOS}}$ )가 대략적인 출력부하 되며, NMOS 트랜지스터( $NM9$  및  $NM10$ ), 전류원( $Is1$  및  $Is2$ )과 함께 저전압 동작을 가능하게 함과 동시에 안정된 바이어스를 공급하고, 주파수 보상 캐패시터( $C1$  및  $C2$ )에 의해 주파수 특성을 개선시킬 수 있다. 이에 따라, 제2 및 제3 실시예에서는 제1 실시예에서 저항소자( $R1$  및  $R2$ )로 구성된 부하보다 큰 이득, 저전압 및 광대역(wideband)에서 동작시킬 수 있다. 또한, 주파수 보

상 캐패시턴스(frequency compensation capacitance)로 동작하는 캐패시터(C1 및 C2)를 사용함으로써 제1 실시예에서보다 높은 주파수 영역에서 동작시킬 수 있는 장점이 있다.

<36> 능동부하 회로부(122)는 PMOS 트랜지스터(PM1), NMOS 트랜지스터(NM9), 전류원(Is1) 및 캐패시터(C1)를 포함한다. PMOS 트랜지스터(PM1)는 전원전압원(Vdd)과 노드(Q4) 사이에 접속되며 노드(Q5)의 전위에 따라 동작된다. NMOS 트랜지스터(NM9)는 전원전압원(Vdd)과 노드(Q5) 사이에 접속되며 노드(Q4)의 전위에 따라 동작된다. 또한, PMOS 트랜지스터(PM1)과 NMOS 트랜지스터(NM9)는 상호 부궤환(negative feedback)을 구성한다. 전류원(Is1)는 접지전압원(Vss)과 노드(Q5) 사이에 접속되며 능동부하 회로부(122)의 전류 바이어스를 잡아준다. 주파수 보상 캐패시터(C1)는 전류원(Is1)과 병렬로 접속되며 주파수 특성을 개선시킨다.

<37> 능동부하 회로부(124)는 PMOS 트랜지스터(PM2), NMOS 트랜지스터(NM10), 전류원(Is2) 및 캐패시터(C2)를 포함한다. PMOS 트랜지스터(PM2)는 전원전압원(Vdd)과 노드(Q3) 사이에 접속되며 노드(Q6)의 전위에 따라 동작된다. NMOS 트랜지스터(NM10)는 전원전압원(Vdd)과 노드(Q6) 사이에 접속되며 노드(Q3)의 전위에 따라 동작된다. 또한, PMOS 트랜지스터(PM2)과 NMOS 트랜지스터(NM10)는 상호 부궤환을 구성한다. 전류원(Is2)는 접지전압원(Vss)과 노드(Q6) 사이에 접속되며 능동부하 회로부(124)의 전류 바이어스를 잡아준다. 주파수 보상 캐패시터(C2)는 전류원(Is2)과 병렬로 접속되며 주파수 특성을 개선시킨다.

<38> 일례로, 능동부하 회로부(122)의 동작특성을 설명하면, PMOS 트랜지스터(PM1)는 부하로 동작된다. NMOS 트랜지스터(NM9)는 부하로 동작되는 PMOS 트랜지스터(PM1)와 상호 부궤

한을 구성한다. 또한, 능동부하 회로부(122)에서는 PMOS 트랜지스터(PM1) 및 NMOS 트랜지스터(NM9)의 크기와 전류원(Is1)에 의해 안정된 바이어스 전류가 결정됨으로써 저항 부하를 사용할 때보다 CMRR(Common Mode Rejection Ratio)이 커지게 된다. 이에 따라, 각 노드(Q3 및 Q4)로 출력되는 출력전압(Vo+, Vo-)이 직류적으로 보다 안정한 전압레벨로 유지된다. 캐패시터(C1)는 각 노드(Q3 및 Q4)에서 들여다 본 출력 임피던스와 함께 영(zero) 주파수( $\omega_z = \frac{g_{m0}}{C_1 + C_s}$ )를 갖게 되어 캐패시터(C1)의 크기를 조절하면 원하는 동작 주파수에서 원하는 이득을 얻을 수 있다. 이러한 동작은 NMOS 트랜지스터(NM10), PMOS 트랜지스터(PM2), 전류원(Is2) 및 캐패시터(C2)로 이루어진 능동부하 회로부(124)에서도 동일하게 이루어진다.

- <39> 한편, 전류/전압 변환부(120)는 도 1 및 도 2에 도시된 제1 및 제2 실시예와 같이 직류 동작점, 즉 직류 바이어스를 잡아주기 위하여 NMOS 트랜지스터(NM5 및 NM6)와, NMOS 트랜지스터(NM7 및 NM8)를 더 포함한다. 한편, 도 3에 도시된 제3 실시예에서의 전류/전압 변환부(120)는 NMOS 트랜지스터(NM5 및 NM6)와, NMOS 트랜지스터(NM11)를 더 포함한다.
- <40> 도 1 및 도 2에 도시된 바와 같이, 전류/전압 변환부(120)의 NMOS 트랜지스터들(NM5 및 NM6)은 외부로부터 입력되는 바이어스 전압(Vb1)에 따라 출력전압(Vo+, Vo-)이 풀(full) 스윙(swing)할 수 있도록 직류 바이어스를 잡아준다. NMOS 트랜지스터(NM7 및 NM8)는 바이어스 전압(Vb2)에 따라 전류 소스(current mirror)로 동작되며 바이어스 전류를 잡아준다.
- <41> 상기와 같이 동작되기 위하여, NMOS 트랜지스터(NM5)는 노드(Q4)와 노드(Q1) 사이에 접속되며 바이어스 전압(Vb1)에 의해 동작된다. NMOS 트랜지스터(NM6)는 노

드(Q3)와 노드(Q2) 사이에 접속되며 바이어스 전압(Vb1)에 의해 동작된다. NMOS 트랜지스터(N7)는 노드(Q1)과 접지전압원(Vss) 사이에 접속되며 바이어스 전압(Vb2)에 의해 동작된다. NMOS 트랜지스터(NM8)는 노드(Q2)와 접지전압원(Vss) 사이에 접속되며 바이어스 전압(Vb2)에 의해 동작된다. 이를 위해서 NMOS 트랜지스터(NM5 내지 NM8)은 포화영역에서 동작하게 된다.

<42> 또한, 도 3에 도시된 바와 같이, 제3 실시예에 따른 전류/전압 변환부(120)의 NMOS 트랜지스터들(NM5 및 NM6)은 외부로부터 입력되는 바이어스 전압(Vb1)에 따라 안정된 출력전압(Vo+, Vo-)이 풀(full) 스윙(swing)할 수 있도록 직류 바이어스를 잡아준다. NMOS 트랜지스터(NM11)는 바이어스 전압(Vb2)에 따라 전류 소스로 동작되며 바이어스 전류를 잡아준다. 즉, NMOS 트랜지스터(NM11)는 입력신호 인가 및 가변 이득 조절부(110)의 NMOS 트랜지스터(NM1 및 NM2)의 전류원으로 동작한다. 이러한 구성에 의해 가변 이득 조절부(110)는 전압입력 형태를 갖는다.

<43> 상기와 같이 동작되기 위하여, NMOS 트랜지스터(NM5)는 노드(Q4)와 노드(Q7) 사이에 접속되며 바이어스 전압(Vb1)에 의해 동작된다. NMOS 트랜지스터(NM6)는 노드(Q3)와 노드(Q7) 사이에 접속되며 바이어스 전압(Vb1)에 의해 동작된다. NMOS 트랜지스터(N11)는 노드(Q7)와 접지전압원(Vss) 사이에 접속되며 바이어스 전압(Vb2)에 의해 동작된다.

<44> 상기에서 설명한 본 발명의 기술적 사상은 바람직한 실시예에서 구체적으로 기술되었으나, 상기한 실시예는 그 설명을 위한 것이며, 그 제한을 위한 것이 아님을 주의하여야 한다. 또한, 본 발명은 본 발명의 기술 분야의 통상의 전문가라면 본 발명의 기술적 사상의 범위 내에서 다양한 실시예가 가능함을 이해할 수 있을 것이다.

**【발명의 효과】**

- <45>       이상에서 설명한 바와 같이, 본 발명에서는 저공급전압에서 외부 조절전압 신호에 의해 넓은범위를 가지는 입력신호에 대한 가변 이득 증폭 기능을 제공할 수 있으며, 저 왜곡, 고선형성, 광대역 동작특성을 갖는 가변 이득 증폭기를 제공할 수 있다.
- <46>       또한, 본 발명에서는 가변 이득 증폭기를 MOS 트랜지스터를 이용하여 구성함으로써 다른 소자를 이용하는 가변 이득 증폭기들보다 IC로 내장하는 것이 가능하다.



**【특허청구범위】****【청구항 1】**

캐스코드 형태의 차동 입력단으로 제1 및 제2 입력신호를 입력받고, 상기 제1 및 제2 입력신호의 차신호를 증폭하여 제1 및 제2 차동신호를 출력하되, 이득조절전압 신호에 따라 상기 차신호의 가변 전압 이득을 제어하는 입력신호 인가 및 가변 이득 조절부; 및 상기 입력신호 인가 및 가변 이득 조절부로부터 출력되는 상기 제1 및 제2 차동신호를 입력받고, 제1 및 제2 바이어스 전압에 따라 상기 제1 및 제2 차동신호를 전압형태의 제1 및 제2 출력전압으로 변환하여 출력하는 전류/전압 변환부를 포함하되, 상기 입력신호 인가 및 가변 이득 조절부는 상기 전류/전압 변환부로부터 부궤환되어 전류입력 또는 전압입력 형태의 구성을 갖는 것을 특징으로 하는 가변 이득 증폭기.

**【청구항 2】**

제 1 항에 있어서,

상기 입력신호 인가 및 가변 이득 조절부는,

소스단이 상기 전류/전압 변환부의 제1 노드와 접속되며 게이트단으로 상기 제1 입력신호가 입력되는 제1 NMOS 트랜지스터;

상기 제1 NMOS 트랜지스터와 차동 형태를 이루고, 소스단이 상기 전류/전압 변환부의 제2 노드와 접속되며 게이트단으로 상기 제2 입력신호가 입력되는 제2 NMOS 트랜지스터;

소스단이 상기 제1 NMOS 트랜지스터의 드레인단과 접속되고, 드레인단이 상기 전류/전압 변환부의 제3 노드와 접속되며 상기 이득조절전압 신호에 따라 동작되는 제3 NMOS 트랜지스터; 및

소스단이 상기 제2 NMOS 트랜지스터의 드레인단과 접속되고, 드레인단이 상기 전류/전압 변환부의 제4 노드와 접속되며 상기 이득조절전압 신호에 따라 동작되는 제4 NMOS 트랜지스터를 포함하는 것을 특징으로 하는 가변 이득 증폭기.

### 【청구항 3】

제 2 항에 있어서,

상기 제1 및 제3 NMOS 트랜지스터와 제2 및 제4 NMOS 트랜지스터는 상기 이득조절 전압 신호에 따라 포화영역 또는 선형영역에서 동작되는 것을 특징으로 하는 가변 이득 증폭기.

### 【청구항 4】

제 1 항에 있어서,

상기 입력신호 인가 및 가변 이득 조절부는,

소스단이 상기 전류/전압 변환부의 제5 노드와 접속되며 게이트단으로 상기 제1 입력신호가 입력되는 제1 NMOS 트랜지스터;

상기 제1 NMOS 트랜지스터와 차동 형태를 이루고, 소스단이 상기 전류/전압 변환부의 제5 노드와 접속되며 게이트단으로 상기 제2 입력신호가 입력되는 제2 NMOS 트랜지스터;

소스단이 상기 제1 NMOS 트랜지스터의 드레인단과 접속되고, 드레인단이 상기 전류/전압 변환부의 제3 노드와 접속되며 상기 이득조절전압 신호에 따라 동작되는 제3 NMOS 트랜지스터; 및

소스단이 상기 제2 NMOS 트랜지스터의 드레인단과 접속되고, 드레인단이 상기 전류/전압 변환부의 제4 노드와 접속되며 상기 이득조절전압 신호에 따라 동작되는 제4 NMOS 트랜지스터를 포함하는 것을 특징으로 하는 가변 이득 증폭기.

#### 【청구항 5】

제 4 항에 있어서,

상기 제1 및 제3 NMOS 트랜지스터와 제2 및 제4 NMOS 트랜지스터는 상기 이득조절 전압 신호에 따라 포화영역 또는 선형영역에서 동작되는 것을 특징으로 하는 가변 이득 증폭기.

#### 【청구항 6】

제 1 항에 있어서,

상기 전류/전압 변환부는,

전원전압원과 상기 제1 차동신호가 입력되는 제1 노드 사이에 접속되는 제1 저항소자;

상기 전원전압원과 상기 제2 차동신호가 입력되는 제2 노드 사이에 접속되는 제2 저항소자; 및

상기 제1 및 제2 저항소자와 접지전압원 사이에 접속되고, 상기 제1 및 제2 바이어스 신호에 따라 전류 소스로 동작되며 상기 전류/전압 변환부로 출력되는 상기 제1 및 제2 출

력전압의 직류 바이어스를 잡아주는 직류 바이어스 수단을 포함하는 것을 특징으로 하는 가변 이득 증폭기.

【청구항 7】

제 6 항에 있어서,

상기 직류 바이어스 수단은,

상기 제1 노드와 상기 입력신호 인가 및 가변 이득 조절부로 제1 전류를 부궤환시키는 제3 노드 사이에 접속되며 상기 제1 바이어스 전압에 따라 동작되는 제1 NMOS 트랜지스터;

상기 제2 노드와 상기 입력신호 인가 및 가변 이득 조절부로 제2 전류를 부궤환시키는 제4 노드 사이에 접속되며 상기 제1 바이어스 전압에 따라 동작되는 제2 NMOS 트랜지스터;

상기 제3 노드와 접지전압원 사이에 접속되며 상기 제2 바이어스 전압에 따라 동작되는 제3 NMOS 트랜지스터; 및

상기 제4 노드와 상기 접지전압원 사이에 접속되며 상기 제2 바이어스 전압에 따라 동작되는 제4 NMOS 트랜지스터를 포함하는 것을 특징으로 하는 가변 이득 증폭기.

【청구항 8】

제 6 항에 있어서,

상기 직류 바이어스 수단은,

상기 제1 노드와 상기 입력신호 인가 및 가변 이득 조절부로 전압을 부궤환시키는 제3 노드 사이에 접속되며 상기 제1 바이어스 전압에 따라 동작되는 제1 NMOS 트랜지스터;

상기 제2 노드와 상기 제3 노드 사이에 접속되며 상기 제1 바이어스 전압에 따라 동작되는 제2 NMOS 트랜지스터;

상기 제3 노드와 접지전압원 사이에 접속되며 상기 제2 바이어스 전압에 따라 동작되는 제3 NMOS 트랜지스터; 및

상기 제3 노드와 상기 접지전압원 사이에 접속되며 상기 제2 바이어스 전압에 따라 동작되는 제4 NMOS 트랜지스터를 포함하는 것을 특징으로 하는 가변 이득 증폭기.

#### 【청구항 9】

제 1 항에 있어서,

상기 전류/전압 변환부는,

전원전압원과 상기 제1 차동신호가 입력되는 제1 노드 사이에 접속되는 제1 능동부하 회로;

상기 전원전압원과 상기 제2 차동신호가 입력되는 제2 노드 사이에 접속되는 제2 능동부하 회로; 및

상기 제1 및 제2 능동부하 회로와 접지전압원 사이에 접속되고, 상기 제1 및 제2 바이어스 신호에 따라 전류 소스로 동작되며, 상기 전류/전압 변환부로 출력되는 상기 제1 및 제2 출력전압의 직류 바이어스를 잡아주는 직류 바이어스 수단을 포함하는 것을 특징으로 하는 가변 이득 증폭기.

#### 【청구항 10】

제 9 항에 있어서,

상기 제1 능동부하 회로는,

상기 전원전압원과 상기 제1 노드 사이에 접속되며 제3 노드의 전위에 따라 동작되는 제1 PMOS 트랜지스터;

상기 제1 PMOS 트랜지스터와 상호 부궤환을 이루고, 상기 전원전압원과 상기 제3 노드 사이에 접속되며 상기 제1 노드의 전위에 따라 동작되는 제1 NMOS 트랜지스터;

상기 제3 노드와 상기 접지전압원 사이에 접속되며 상기 제1 능동부하 회로의 바이어스 전류를 잡아주는 제1 전류원; 및

상기 제3 노드와 상기 접지전압원 사이에 접속되며 상기 제1 능동부하 회로의 주파수 특성을 개선시키기 위한 주파수 보상 캐패시터를 포함하는 것을 특징으로 하는 가변 이득 증폭기.

#### 【청구항 11】

제 9 항에 있어서,

상기 제2 능동부하 회로는,

상기 전원전압원과 상기 제2 노드 사이에 접속되며 제3 노드의 전위에 따라 동작되는 제1 PMOS 트랜지스터;

상기 제1 PMOS 트랜지스터와 상호 부궤환을 이루고, 상기 전원전압원과 상기 제3 노드 사이에 접속되며 상기 제2 노드의 전위에 따라 동작되는 제1 NMOS 트랜지스터;

상기 제3 노드와 상기 접지전압원 사이에 접속되며 상기 제2 능동부하 회로의 바이어스 전류를 잡아주는 제1 전류원; 및

상기 제3 노드와 상기 접지전압원 사이에 접속되며 상기 제2 능동부하 회로의 주파수 특성을 개선시키기 위한 주파수 보상 캐패시터를 포함하는 것을 특징으로 하는 가변 이득 증폭기.

【청구항 12】

제 9 항에 있어서,

상기 직류 바이어스 수단은,

상기 제1 노드와 상기 입력신호 인가 및 가변 이득 조절부로 제1 전류를 부궤환시키는 제3 노드 사이에 접속되며 상기 제1 바이어스 전압에 따라 동작되는 제1 NMOS 트랜지스터;

상기 제2 노드와 상기 입력신호 인가 및 가변 이득 조절부로 제2 전류를 부궤환시키는 제4 노드 사이에 접속되며 상기 제1 바이어스 전압에 따라 동작되는 제2 NMOS 트랜지스터;

상기 제3 노드와 접지전압원 사이에 접속되며 상기 제2 바이어스 전압에 따라 동작되는 제3 NMOS 트랜지스터; 및

상기 제4 노드와 상기 접지전압원 사이에 접속되며 상기 제2 바이어스 전압에 따라 동작되는 제4 NMOS 트랜지스터를 포함하는 것을 특징으로 하는 가변 이득 증폭기.

【청구항 13】

제 9 항에 있어서,

상기 직류 바이어스 수단은,

상기 제1 노드와 상기 입력신호 인가 및 가변 이득 조절부로 전압을 부궤환시키는 제3 노드 사이에 접속되며 상기 제1 바이어스 전압에 따라 동작되는 제1 NMOS 트랜지스터;

상기 제2 노드와 상기 제3 노드 사이에 접속되며 상기 제1 바이어스 전압에 따라 동작되는 제2 NMOS 트랜지스터;

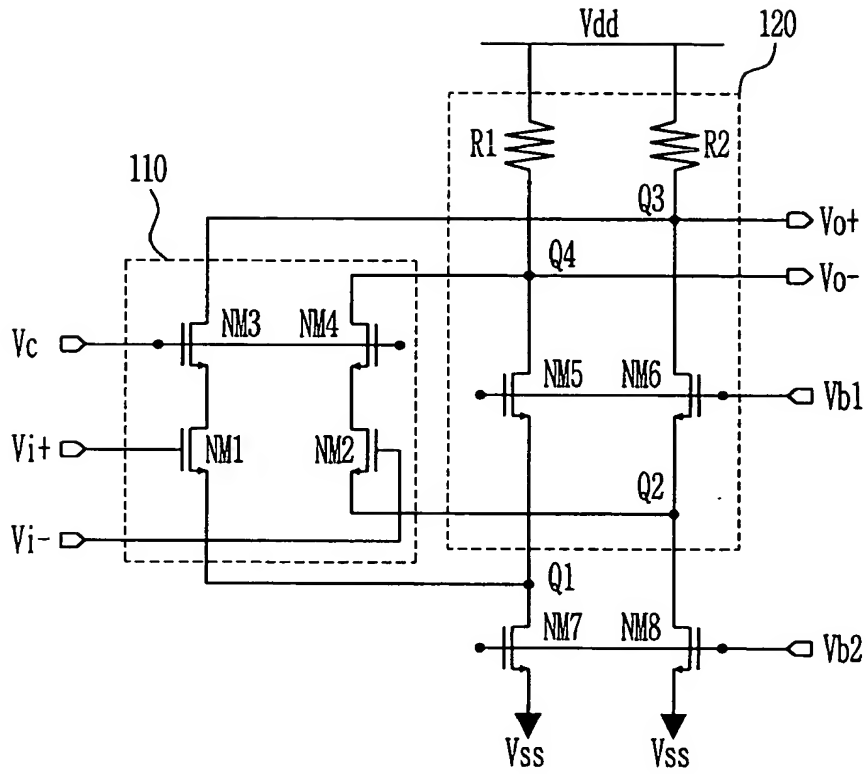
상기 제3 노드와 접지전압원 사이에 접속되며 상기 제2 바이어스 전압에 따라 동작되는 제3 NMOS 트랜지스터; 및

상기 제3 노드와 상기 접지전압원 사이에 접속되며 상기 제2 바이어스 전압에 따라 동작되는 제4 NMOS 트랜지스터를 포함하는 것을 특징으로 하는 가변 이득 증폭기.



【도면】

【도 1】



【도 2】

